Resolução de problemas

Transferência de massa entre fases _aula 2

Problemas

1. Num estudo experimental de absorção de NH_3 em água, numa coluna de paredes molhadas, o valor do coeficiente global de transferência de massa é K_G = 2,74 x10^{-6} mol /(m^2 s Pa). Numa dada secção da coluna, o gás contém 8% (% molar) de NH_3 e a concentração na fase líquida de NH_3 é de 64,07 mol/m^3. A temperatura é de 20 ºC e a pressão total de 1 atm. Se 85% da resistência total à transferência de massa for exercida na fase gasosa, e se a constante de Henry a 20 ºC for 0,936 Pa m^3/mol, **calcule o coeficiente de transferência de massa para a fase líquida e a composição interfacial.**

$K_G = 2{,}74 \times 10^{-6}$ mol/m^2.s.Pa

$y_{NH3} = 0{,}08$

$C_{NH3,L} = 64{,}07$ mol/m^3

H = 0.936 Pa.m^3/mol

$p_{NH_3} = 0{,}936\ C_{NH_3}$

k_L?

$pNH_{3,i}$?

$CNH_{3,i}$?

$$\frac{\frac{1}{k_G}}{\frac{1}{K_G}} = 0{,}85$$

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{H}{k_L}$$

Problemas

k_L = ?

$$\frac{1}{k_G} = 0{,}85\,\frac{1}{K_G}$$

$$\frac{1}{K_G} = \frac{0{,}85}{K_G} + \frac{H}{k_L}$$

$$\frac{0{,}15}{K_G} = \frac{H}{k_L}$$

$$k_L = \frac{H}{0{,}15}\,K_G$$

$$k_L = \frac{0{,}936}{0{,}15} \times 2{,}74 \times 10^{-6} = 1{,}71 \times 10^{-5} m/s$$

$p_{NH3,i}$ = ?

$C_{NH3,i}$ = ?

$$N_{NH_3} = K_G\left(p_{NH_{3,G}} - p^*_{NH_3}\right)$$

$$N_{NH_3} = k_L\left(C_{NH_{3,i}} - C_{NH_{3,L}}\right)$$

Em estado estacionário

$$K_G\left(p_{NH_{3,G}} - p^*_{NH_3}\right) = k_L\left(C_{NH_{3,i}} - C_{NH_{3,L}}\right)$$

p^*_{NH3} = ?

H = 0,936 Pa.m^3/mol → **$p^*_{NH3} = 0{,}936\ C_{NH3,L}$**

p^*_{NH3} = 0,936 x 64,07

p^*_{NH3} = 0,936 x 64.07 = 59,97 Pa

$p_{NH3} = y_{NH3}\ P$ = 0,08 x 1x10^5= 8000 Pa 1 atm= 1x10^5 Pa

$2{,}74\text{x}10^{-6}(8000 - 59{,}97) = 1{,}71\text{x}10^{-5}\left(C_{NH_{3,i}} - 64{,}07\right)$ $C_{NH_{3,i}}$ = 1,37x10^3 mol/m^3

$p_{NH3,i} = 0{,}936\ C_{NH3,i}$ $p_{NH3,i}$ = 0,936 x 1,37x10^3 = 1282,32 Pa

Problemas

2) Pretende-se remover SO_2 de uma mistura gasosa constituída por SO_2 e ar por absorção utilizando água. A coluna usada opera em contracorrente e a concentração de SO_2 no ar é reduzida de 10% até 1% (% molar). Os coeficientes individuais de transferência de massa são:

$k_y = 8$ mol/h m^2
$k_x = 10$ mol/h m^2

Sabendo que a linha de equilíbrio pode ser aproximada por uma recta, $y^* = 2.5\ x$:

a) relacione a resistência global, $1/K_x$ com as resistências de cada fase
b) calcule o valor da percentagem da resistência total respeitante a cada uma das fases
c) calcule o fluxo de transferência de massa no topo da coluna
d) determine os valores das composições interfaciais.

Problemas

a)

$$N_{SO_2} = K_x(x^*_{SO_2} - x_{SO_{2,L}}) \qquad \frac{1}{K_x} = \frac{(x^*_{SO_2} - x_{SO_{2,L}})}{N_{SO_2}}$$

$$N_{SO_2} = k_x(x_{SO_{2,i}} - x_{SO_{2,L}}) \qquad \frac{1}{k_x} = \frac{(x_{SO_{2,i}} - x_{SO_{2,L}})}{N_{SO_2}}$$

$$N_{SO_2} = k_y(y_{SO_{2,G}} - y_{SO_{2,i}}) \qquad \frac{1}{k_y} = \frac{(y_{SO_{2,G}} - y_{SO_{2,i}})}{N_{SO_2}}$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{(x^*_{SO_2} - x_{SO_{2,L}})}{N_{SO_2}} = \frac{(x^*_{SO_2} - x_{SO_{2,i}})}{N_{SO_2}} + \frac{(x_{SO_{2,i}} - x_{SO_{2,L}})}{N_{SO_2}}$$

$$y_{SO_{2,G}} = m\, x^*_{SO_2}$$

$$y_{SO_{2,i}} = m\, x_{SO_{2,i}}$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{(x^*_{SO_2} - x_{SO_{2,i}})}{N_{SO_2}} + \frac{1}{k_x} \qquad \frac{1}{K_x} = \frac{(y^*_{SO_2} - y_{SO_{2,i}})}{mN_{SO_2}} + \frac{1}{k_x} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{K_x} = \frac{1}{mk_y} + \frac{1}{k_x}$$

Problemas

b)

Resistência oferecida pela fase líquida

k_x = 10 mol/h m^2 $\quad 1/k_x$ = 0,1 h m^2/mol

k_y = 8 mol/h m^2 $\quad 1/k_y$ = 0,125 h m^2/mol

$$\frac{\frac{1}{k_x}}{\frac{1}{K_x}} = \frac{0{,}1}{0{,}15} = 0{,}67$$

y*= 2,5 x

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{K_x}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{mk_y}} + \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{k_x}}$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{8 \times 2{,}5} + \frac{1}{10} = 0{,}05 + 0{,}1$$

$$\frac{1}{K_x} = 0{,}15\ m^2\ h/mol$$

Resistência oferecida pela fase gasosa

$$\frac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}} = \frac{0{,}125}{0{,}38} = 0{,}33$$

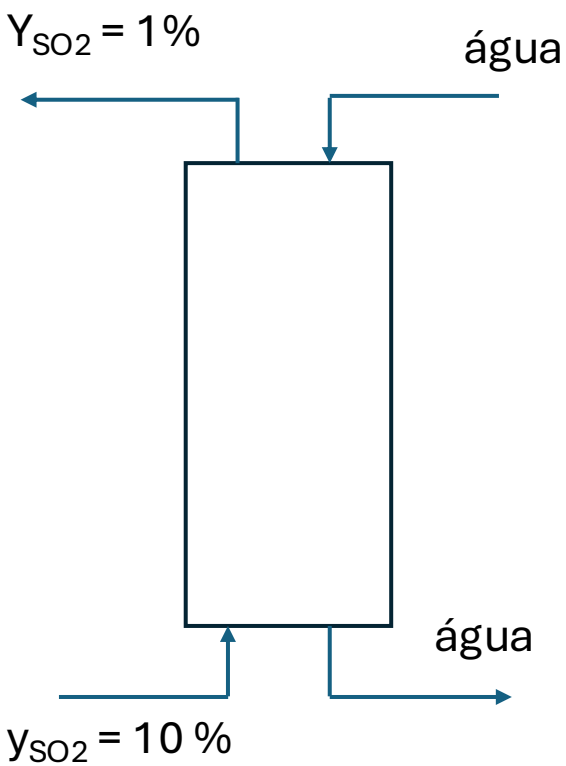
$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{K_y}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{k_y}} + \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{k_x}}$$

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{8} + \frac{2{,}5}{10} = 0{,}125 + 0{,}25$$

$$\frac{1}{K_y} = 0{,}38\ m^2\ h/mol$$

Problemas

c) e d)



$$N_{SO_2} = k_y(y_{SO_{2,G}} - y_{SO_{2,i}})$$

$$N_{SO_2} = k_x(x_{SO_{2,i}} - y_{SO_{2,l}})$$

$k_y = 8$ mol/h m^2
$k_x = 10$ mol/h m^2

$y_{SO_{2,G}}$=1%

$x_{SO_{2,L}}$ = 0%

Y = 2,5 x*

$$k_y(y_{SO_{2,G}} - y_{SO_{2,i}}) = k_x(x_{SO_{2,i}} - x_{SO_{2,l}})$$

$$8 \times (0.01 - y_{SO_{2,i}}) = 10 \times (x_{SO_{2,i}} - 0)$$

$Y_{SO2,i}$ = 2,5 $x_{SO2,i}$

$$8 \times (0.01 - 2{,}5\ xSO_{2,i}) = 10 \times (x_{SO_{2,i}} - 0)$$

$x_{SO2,i}$ =2,67x10^{-3}

$Y_{SO2,i}$ = 2,5 x 2,67x10^{-3} = 6.7x10^{-3}

$$N_{SO_2} = 8 \times (0.01 - 6.7x10^{-3}) = 2.64 \times 10^{-2}\ \frac{mol}{h}.m^2$$

Problemas

3) Estudou-se o processo de absorção gasosa numa coluna usando amónia e metano. Em ambos os casos os coeficientes de transferência de massa para a fase gasosa e para a fase líquida foram, respectivamente, 18 mol/h m^2 e 530 mol/h.m^2 Estes valores são iguais para os dois gases porque metano e amónia têm pesos moleculares semelhantes. No entanto, as constantes de Henry são muito diferentes, para a amónia H = 9.6 atm e para o metano H'= 41 000 atm.

a**) Calcule o coeficiente global de transferência de massa baseado na fase gasosa para ambos os gases.**

b) Determine a resistência oferecida por cada uma das fases para ambos os gases.

k_y = 18 mol/h m^2
k_x = 530 mol/h m^2

H_{NH3} = 9.6 atm

H_{CH4} = 41000 atm

$P_A = m\ x_A$ m = H/P

a)

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{K_y}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{k_y}} + \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{k_x}}$$

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{K_{y,NH3}}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{k_{y,NH3}}} + \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{k_{x,NH3,}}} \qquad \frac{1}{K_{y,NH3}} = \frac{1}{18} + \frac{9{,}6}{530} \qquad K_{y,NH3} = 13{,}6\,\frac{mol}{h.m2}$$

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{K_{y,CH4}}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{k_{y,CH4}}} + \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{k_{x,CH4,}}} \qquad \frac{1}{K_{y,NH3}} = \frac{1}{18} + \frac{41000}{530} \qquad K_{y,CH4} = 0{,}013\,\frac{mol}{h.m2}$$

Problemas

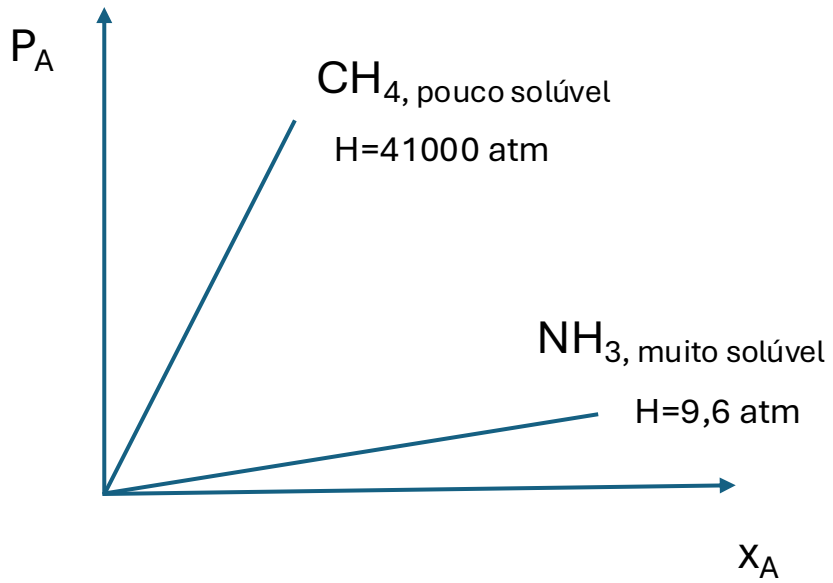
b) % resistência fase gasosa, NH_3

$$\frac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}} = \frac{\frac{1}{18}}{\frac{1}{13,5}} = 0,75 \xrightarrow{\text{x100}} 75\%$$

k_y = 18 mol/h m^2

$K_{y,NH3}$ = 13,6 mol/h m^2

$K_{y,\,CH4}$ = 0,013 mol/h m^2

% resistência fase gasosa, CH_4

$$\frac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}} = \frac{\frac{1}{18}}{\frac{1}{0,013}} = 0,0007 \xrightarrow{\text{x100}} 0.07\ \%$$